

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 525 015**

51 Int. Cl.:

B29C 70/44 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.06.2011** **E 11729015 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.10.2014** **EP 2605900**

54 Título: **Procedimiento de conformación de un material de trabajo plano en un producto composite**

30 Prioridad:

23.06.2010 US 357799 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

16.12.2014

73 Titular/es:

**GENTEX CORPORATION (100.0%)
P.O. Box 315
Carbondale, PA 18407, US**

72 Inventor/es:

**MONFORTE, GREGORY, M.;
BURKE, DAVID, JAMES y
MADDEN, MATTHEW**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 525 015 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de conformación de un material de trabajo plano en un producto composite

Campo del (de los) concepto(s) inventivo(s)

5 El (los) presente(s) concepto(s) inventivo(s) se refiere(n) al campo de la formación o conformación de artículos, en particular la formación o conformación de artículos que utilizan un procedimiento de hidroformación para al menos una de las etapas de formación o conformación.

Antecedentes del (de los) concepto(s) inventivo(s)

10 Los actuales procedimientos de hidroformación utilizan un fluido hidráulico a gran presión para comprimir una pieza de material de trabajo contra una matriz fija o un troquel móvil para formar un artículo con una configuración concreta. En la técnica es conocido el uso de un procedimiento de hidroformación para conformar estructuras complejas a partir de piezas metálicas o composite, por ejemplo composites de fibras continuas o de fibras tejidas. Debido a la aplicación uniforme de la presión estática suministrada por el procedimiento de hidroformación, es conocida la ventaja de reducir la presencia de arrugas y pliegues en el material de trabajo conformado.

15 La formación de un composite multicapa de fibras continuas o de fibras tejidas requiere una etapa de curado en la que son aplicados presión y calor a las capas del material composite, con el fin de comprimir y fundir entre sí la base de resina de las capas de material composite, eliminar los vacíos de aire de entre las capas y, finalmente, curar o fraguar entre sí las capas de material composite. Sin embargo, los materiales de fibras típicos apropiados para hojas composite balísticas por ejemplo polietileno, es sabido que se degradan cuando son sometidas a fuerte calor durante un periodo prolongado de tiempo.

20 Así mismo, los beneficios conocidos de utilización de un procedimiento de hidroformación para conformar estructuras composite permiten que el usuario evite la aplicación de cortes en relieve dentro del cuerpo de las capas planas del material composite antes de la formación del procedimiento, lo cual es necesario cuando se utilizan otros procedimientos de conformación conocidos con el fin de reducir las arrugas de las capas de material composite durante el procedimiento de formación. Un inconveniente de aplicar cortes en relieve dentro de las capas planas es
25 que la resistencia de las capas de material composite, en particular la resistencia de sus fibras de refuerzo se reduce cuando las capas composite (esto es, las fibras de refuerzo) son cortadas. Así, es deseable evitar el corte en el interior del cuerpo de las capas de material composite con el fin de potenciar al máximo la resistencia de estas capas. El uso de un procedimiento de hidroformación durante la fase de preformación hace posible evitar los cortes en las capas de composite planas. La técnica anterior divulga la sujeción mecánica del material de trabajo dentro de
30 la cámara de la prensa de hidroformación antes de la etapa de presurización, con el fin de impedir las arrugas del material de trabajo durante el procedimiento de hidroformación.

35 Por tanto, es deseable contar con un procedimiento para formar o conformar artículos que mejoren la configuración formada del artículo, reduciendo al tiempo la duración de la exposición al calor experimentado por los materiales de fibras de refuerzo y evitar la necesidad de aplicar cortes en relieve en el cuerpo de las capas del material composite, todo ello sin que esto incida de manera significativa en los costes asociados con la fabricación del artículo final.

40 Las referencias antecedentes relevantes incluyen las Patentes estadounidenses Nos. 5,578,158, 6,631,630 y 7,862,323. El documento WO 02/24370 divulga las características del preámbulo de la reivindicación 1 y se refiere a un aparato y a un procedimiento que utilizan la hidroformación para conformar estructuras complejas a partir de materiales tales como capa metálica o composites. El documento WO 02/24370 enseña que el calor debe ser utilizado cuando la hidroformación es aplicada a piezas semielaboradas que comprendan composites.

Sumario del (de los) concepto(s) inventivo(s)

La presente invención proporciona un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1.

45 En la presente memoria se divulga un procedimiento de conformación de un material de trabajo plano en un producto composite que presenta una configuración final, comprendiendo el procedimiento: (a) sin presencia de calor añadido, la consolidación y conformación de un material de trabajo en una conformación de preforma utilizando un procedimiento de hidroformación mecánico que emplee una herramienta con forma de macho rígida y una herramienta con forma de hembra no rígida; y (b) en presencia de calor añadido, la consolidación suplementaria y la conformación del material de trabajo en la configuración final utilizando al menos una herramienta de formación adicional rígida.

50 En la presente memoria se divulga también un procedimiento de conformación de un material de trabajo en un producto composite que presenta una configuración final, incluyendo el material de trabajo un material de matriz resinosa, comprendiendo el procedimiento: (a) la consolidación y conformación del material de trabajo en una conformación de preforma utilizando un procedimiento de hidroformación de embutición profunda que emplea una herramienta macho rígida y una herramienta hembra no rígida, produciéndose la consolidación y conformación por
55 debajo de una temperatura crítica del material de matriz resinosa; y (b) la consolidación y conformación

suplementarias del material de trabajo en la configuración final utilizando al menos una herramienta de formación rígida adicional, produciéndose la consolidación y conformación suplementarias a o por encima de la temperatura crítica.

5 También se divulga en la presente memoria un procedimiento de conformación de un material de trabajo plano en un producto composite que presenta una configuración final, comprendiendo el procedimiento: (a) sin presencia de calor añadido, la consolidación y conformación del material de trabajo en una conformación de preforma utilizando un procedimiento de hidroformación mecánico que utiliza una herramienta rígida y una herramienta no rígida; y (b) en presencia de calor añadido, la consolidación y conformación suplementarias del material de trabajo en la configuración final utilizando al menos una herramienta de conformación rígida adicional.

10 **Breve descripción del (de los) dibujo(s)**

Los conceptos inventivos divulgados en la presente memoria se describirán en las líneas que siguen en combinación con las figuras de los dibujos adjuntas, en las que los mismos numerales indican los mismos elementos.

15 La FIG. 1 es una vista en sección de un material de trabajo no conformado situado en una máquina de hidroformación en un estado no presurizado anterior a una etapa de conformación de una fase de preformación;

la FIG. 2 es una vista en sección de la máquina de hidroformación de la FIG. 1 en un estado presurizado anterior a la etapa de conformación de la fase de preformación;

la FIG. 3 es una vista en sección de la máquina de hidroformación de la FIG. 1 en un estado presurizado durante la etapa de conformación de la fase de preformación;

20 la FIG. 4 es una vista en sección de la máquina de hidroformación de la FIG. 1 en un estado presurizado posterior a la etapa de conformación de la fase de preformación;

la FIG. 5 es una vista en sección de una máquina de hidroformación de la FIG. 1 en un estado no presurizado que sigue a la etapa de conformación de la fase de preformación;

25 la FIG. 6 es una vista en sección del material de trabajo preformado situado en una máquina de acabado en un estado no presurizado previo a la fase de formación final del material de trabajo;

la FIG. 7 es una vista en sección de la máquina de acabado de la FIG. 6 en un estado presurizado durante la etapa de conformación de la fase de formación final; y

la FIG. 8 es una vista en sección de la máquina de acabado de la FIG. 6 en un estado no presurizado que sigue a la etapa de conformación de la fase de formación final.

30 **Descripción detallada de la(s) forma(s) de realización preferente(s)**

La descripción detallada que sigue proporciona solo formas de realización ejemplares preferentes, y no están concebidas para limitar el alcance, la aplicabilidad y la configuración del (de los) concepto(s) ilustrado(s) en la presente memoria. Por el contrario, la descripción detallada que sigue de las formas de realización ejemplares preferentes proporcionará a los expertos en la materia una descripción que permite la puesta en práctica de formas de realización preferentes del (de los) concepto(s) inventivo(s). Se debe entender que pueden efectuarse diversos cambios en la función y disposición de los elementos sin apartarse del (de los) concepto(s) inventivo(s) según quedan definidos en las reivindicaciones adjuntas.

35 Para contribuir a la descripción del (de los) concepto(s) inventivo(s) pueden utilizarse en la memoria descriptiva términos direccionales y reivindicaciones para describir porciones del (de los) presente(s) concepto(s) inventivo(s) (por ejemplo, superior, inferior, izquierdo, derecho, etc.). Estas definiciones direccionales pretenden simplemente ayudar a la descripción y reclamación del (de los) concepto(s) inventivo(s) y no pretenden limitar el (los) concepto(s) inventivo(s) de ninguna forma. Así mismo, las referencias numerales que se introducen en la memoria descriptiva en combinación con una figura de los dibujos puede ser repetida en una o más figuras posteriores sin descripción adicional en la memoria descriptiva con el fin de facilitar un contexto para otras características.

45 En la presente solicitud, "preformación" se define como la conformación de una pieza de material de trabajo para aproximarse a una forma acabada deseada de un artículo.

50 En la presente solicitud "material de trabajo" se define como una o más capas de material a partir de las cuales un artículo de manufactura se forma, por ejemplo un material composite. El material composite es, de modo preferente, hojas preimpregnadas, como se analizará con mayor detenimiento más adelante. El material de trabajo puede ser plano, o de cualquier otra forma adicional, a los fines de la presente divulgación.

La presente solicitud divulga un procedimiento para la formación o conformación de artículos composite que comprende dos fases primarias: (1) una primera fase que comprende la preformación de una pieza de material de

trabajo mediante la aplicación de presión sin presencia de calor añadido para aproximarse a una configuración acabada deseada de un artículo (esto es, una conformación de “preforma”); y (2) una segunda fase que comprende la conformación o formación final del material de trabajo en un artículo de configuración final mediante la aplicación de presión y en presencia de calor añadido. A diferencia de la técnica prioritaria, el procedimiento actual no requiere un dispositivo de apriete mecánico para soportar la posición del material de trabajo dentro de la cámara de la prensa de hidroformación durante la etapa de hidroformación. En el procedimiento actual, una membrana de la prensa de hidroformación proporciona toda la fuerza de apriete aplicada sobre el material de trabajo durante la fase de hidroformación.

En una forma de realización de acuerdo con el presente concepto inventivo, el artículo acabado deseado es un casco que presenta cualidades balísticas para su uso, por ejemplo, por pilotos y soldados de infantería. En esta forma de realización, el material de trabajo puede comprender múltiples hojas de fibras compuestas que están preimpregnadas dentro de un material de resina de matriz en lo sucesivo designado como hojas “preimpregnadas”. La matriz de hojas preimpregnadas es utilizada para mantener la orientación relativa de las fibras dentro de las hojas de preimpregnado, proporcionar un basamento para la integridad estructural de las hojas preimpregnadas y, como se analizará con mayor detenimiento más adelante, unir las múltiples hojas de preimpregnado durante el proceso de curado. En algunas formas de realización de acuerdo con el (los) concepto(s) inventivo(s), las hojas preimpregnadas pueden presentar una configuración inicial plana.

En algunas formas de realización de acuerdo con el (los) proceso(s) inventivo(s) las fibras composite de las hojas preimpregnadas pueden estar compuestas por polietileno de peso molecular ultraalto (“UHMWPE”). Ejemplos comerciales notales de UHMWPE incluyen SPECTRA® fabricado por Honeywell International Inc., y DYNEEMA® fabricado por Royal DSM N.V., ambos comercializados bajo la forma de hojas preimpregnadas que presentan orientaciones unidireccionales de las fibras (“preimpregnado UD”).

En formas de realización alternativas, el material de trabajo podría comprender un material metálico, un material de aramida, un material de carbono, un material composite a base de plástico (que puede ser un preimpregnado UD), o cualquier combinación de estos. En algunas formas de realización, el material de trabajo podría contener un material fibroso (por ejemplo, preimpregnado, aramida) y un material no fibroso (por ejemplo, carbono, metal). En formas de realización alternativas el material de trabajo podría contener al menos una hoja preimpregnada, al menos una capa de material composite a base de aramida, y al menos una capa de material composite a base de carbono que estuvieran configuradas como un “apilamiento” o “estratificación” que presentara la(s) hoja(s) preimpregnada(s) en el núcleo, estando la al menos una capa de material composite a base de aramida situado sobre uno o ambos lados de la(s) hoja(s) preimpregnada(s), y formando la al menos una capa de material composite a base de carbono la(s) capa(s) más externa(s) del apilamiento. En una forma de realización ejemplar, la al menos una capa de material composite a base de aramida, comprende unas primera y segunda capas composite a base de aramida y la al menos una capa de material composite a base de carbono comprende unas primera y segunda capas composite a base de carbono y el material de trabajo está dispuesto en una configuración apilada que presenta el orden siguiente a partir de una capa superior de la configuración apilada hasta una capa de fondo de la configuración apilada. La primera capa composite a base de carbono; la primera capa composite a base de aramida; la al menos una hoja preimpregnada; la segunda capa composite a base de aramida; y la segunda capa composite a base de carbono.

En formas de realización alternativas adicionales, el material de trabajo puede comprender una primera capa preimpregnada unidireccional que presenta una primera orientación de fibras y una segunda capa preimpregnada unidireccional que presenta una segunda orientación de fibras, en la que las primera y segunda orientaciones de fibras son ortogonales (esto es, dispuestas en un ángulo de 90 grados entre sí).

Otro reto notable asociado con la conformación o formación de artículos a partir de hojas de preimpregnado es trasladar las características del rendimiento del material de trabajo al artículo final deseado reduciendo al mínimo lo más posible la degradación de las características de rendimiento del material de trabajo. Así mismo, es conveniente conseguir este objetivo sin incrementar de modo considerable los costes asociados con la fabricación del artículo final.

Cuando no se utiliza una prensa de hidroformación para preformar un material composite, o si la etapa de preformación se omite, puede ser necesario colocar cortes en relieve dentro de los cuerpos de las capas planas de material composite antes del procedimiento de formación para reducir las arrugas de las capas del material composite durante el procedimiento de preformación. Un inconveniente de situar estos cortes de relieve dentro de las capas planas de material composite es que la resistencia de las capas del material composite, en particular la resistencia de sus fibras de refuerzo, se reduce, cuando las fibras de refuerzo de cada capa son recortadas. Las fibras de refuerzo de material composite mantienen su máxima integridad cuando son mantenidas en su longitud total no cortada. Así, es deseable evitar practicar cortes en relieve dentro de las capas de material composite con el fin de potenciar al máximo la resistencia de estas capas. El uso de una prensa de hidroformación en las etapas de preformación hace innecesario situar estos cortes de relieve en las capas de material composite.

Antes de la fase de preformación, puede ser deseable recortar previamente las capas planas de material composite hasta que adopten una configuración plana apropiada que se corresponda con la configuración no plana del artículo conformado. Por ejemplo, si el artículo preformado deseado presenta una configuración aproximadamente

hemisférica, entonces las capas planas de material composite pueden ser recortadas en configuraciones circulares antes de procedimiento de preformación. De modo similar, si el artículo preformado deseado presenta una configuración ovoide, entonces las capas planas de material composite pueden ser cortadas adoptando la correspondiente configuración ovalada antes del procedimiento de preformación. Debe quedar claro como se indicó en el párrafo anterior que, en algunas formas de realización, no se requiere la práctica de ningún corte dentro del cuerpo de las capas planas del material composite. En otras palabras, en algunas formas de realización no se practica ningún corte en el perímetro de la configuración prerecortada de las capas planas de material composite. En formas de realización alternativas, el corte puede practicarse dentro del cuerpo de las capas planas de material composite, por ejemplo cuando sea conveniente reducir la cantidad de materiales de desecho producidos como resultado del procedimiento de preformación.

Con referencia ahora, en general, a las FIGS. 1 a 8, a continuación se describir un procedimiento ejemplar para formar un artículo. Las FIGS. 1 a 5 representan etapas de acuerdo con la primera, esto es, el periodo de preformación del procedimiento, y las FIGS. 6 a 8 representan etapas de acuerdo con el segundo, esto es, el periodo de formación final del procedimiento.

La FIG. 1 representa una vista en sección transversal de una pieza de material de trabajo 10 situada en una máquina 20 de hidroformación antes de la etapa de conformación de la fase de preformación. En esta forma de realización, el material de trabajo 10 comprende una o más hojas planas. En esta etapa, una cámara 26 de la máquina 20 está en un estado no presurizado, esto es, a la presión atmosférica aproximadamente normal. A lo largo de su extremo inferior, la cámara 26 incluye una membrana 23. En esta etapa, la cámara 26 no está presurizada de forma que la membrana 23 no está en contacto con el material de trabajo 10. Una prensa de hidroformación conocida, por ejemplo, una TRIFORM™ - marca de prensa fabricada por Pryer Technology Group de Tulsa, Oklahoma, EE.UU., podría ser empleada para la fase de preformación. En el extremo inferior de la cámara 26 se encuentra una abertura 33 para un troquel, la cual está superpuesta por un anillo 11 de tracción que presenta una abertura 13 en su centro. La abertura 13 del anillo 11 de tracción está conformada para que se corresponda con la configuración del extremo 34 superior de troquel 32, y es de menor tamaño que la abertura 33 para el troquel. La abertura 13 del anillo 11 de tracción está cuidadosamente dimensionada para que sea justo apenas mayor que las dimensiones del troquel 32, que se analizará con mayor detenimiento más adelante. Por ejemplo, la diferencia de las anchuras de la abertura 13 y del troquel 32 pueden ser del orden de 0,02540 a 0,102 centímetros. El ajuste ceñido entre el troquel 32 y la abertura 13 del anillo 11 de tracción impide que el material de trabajo 10 sea empujado hacia abajo hasta el interior de la abertura 33 para el troquel cuando la cámara 26 es presurizada, con tal de que el troquel 32 haya sido previamente colocado en una posición para llenar y formar un cierre estanco a la presión dentro de la abertura 33 para el troquel. Se debe entender que la combinación del anillo de tracción 11 y del troquel 32 puede ser modificable para crear artículos preformados de diferentes formas y tamaños.

La FIG. 2 representa una vista en sección de la máquina 20 después de que la cámara 26 ha sido parcialmente presurizada por medio de la adición de un fluido hidráulico a la cámara 26 a través del conducto 30 de fluido. El fluido hidráulico puede, por ejemplo, ser un aceite, aunque también son apropiados otros fluidos hidráulicos conocidos. Durante la fase de preformación, la cámara 26 puede, por ejemplo, ser inicialmente presurizada hasta una cantidad entre $1,72 * 10^6$ a $3,45 * 10^6$ Pascales). Aunque también podrían aplicarse cantidades superiores o inferiores de presión inicial. Como resultado de la presurización de la cámara 26, la superficie 24 exterior de la membrana 23 se sitúa en contacto con y suministra presión a la entera superficie 12 interior del material de trabajo 10. Como se indica más adelante, en algunas formas de realización, la presión en la cámara 26 podría incrementarse gradualmente cuando el material de trabajo 10 estuviera conformado por medio de un troquel 32 de la máquina 20.

Las FIGS. 3 y 4 representan vistas en sección de la máquina 20 durante y después de la etapa de conformación de la fase de preformación, respectivamente. Durante la etapa de conformación, un troquel 32 accionado hidráulicamente de la máquina 20 es presionado hacia arriba contra la superficie 14 exterior del material de trabajo 10. El troquel 32 sirve así como una herramienta de conformación rígida macho. En esta forma de realización, un extremo 34 superior del troquel 32 está dispuesto en una configuración que se aproxima a la configuración de la forma final del artículo destinado a ser formado, esto es, un casco. La configuración del extremo 34 superior del troquel 32 puede, pero no necesariamente, representar la configuración exacta del artículo acabado deseado. Cuando el troquel 32 es desplazado hacia arriba contra la superficie 14 exterior del material de trabajo 10 y por dentro de la cámara 26, la presión hidrostática suministrada por la membrana 23 a la superficie 12 interior del material de trabajo 10 se incrementa gradualmente, por ejemplo, hasta una presión máxima de entre $6,89 * 10^6$ y $1,03 * 10^8$ Pascales, y de esta manera conforma el material de trabajo 10 hasta adoptar el artículo 16 preformado, como se muestra en la FIG. 4. La membrana 23 sirve así como una herramienta de conformación no rígida hembra. En esta forma de realización, la etapa de compresión de la fase de preformación se lleva a cabo sin presencia de calor añadido. Como se indicó con anterioridad, cuando el material de trabajo 10 comprende fibras de polietileno reforzado, como por ejemplo UHMWPE, la ausencia de calor añadido durante la fase de preformación protege las fibras contra la exposición de calor y contra los daños resultantes durante esta fase.

En algunas formas de realización (no mostradas), puede ser conveniente lubricar el extremo 34 superior del troquel 32 para ayudar al desplazamiento del troquel 32 contra el material de trabajo 10. En algunas formas de realización, puede no ser conveniente permitir que el lubricante se sitúe en contacto directo con la superficie 14 exterior del

material de trabajo 10, por ejemplo cuando no sea conveniente que el lubricante sea absorbido por el material de trabajo 10. En estas formas de realización una barrera puede ser situada entre el extremo superior del troquel 32 y la superficie 14 exterior del material de trabajo 10. La barrera impide así que el lubricante se sitúe en contacto con el material de trabajo. En formas de realización alternativas, el lubricante y / o la barrera pueden omitirse por entero. En formas de realización alternativas adicionales, la propia barrera puede servir como lubricante, por ejemplo cuando la barrera esté constituida por un material plástico de gran elongación u otro material apropiado.

El procedimiento de preformación puede llevarse a cabo en una serie de fases de conformación dinámicas "escalonadas", caracterizándose cada fase de conformación dinámica por una posición de profundización del troquel 32 y de una presión en cantidad creciente simultánea generada en la cámara 26. En otras palabras, la "hidroformación dinámica" a los fines de la presente solicitud comporta un troquel dentro de la cámara de hidroformación que se desplace (esto es, que no permanezca estático) con el fin de conformar el artículo deseado. En algunas formas de realización de acuerdo con el (los) presente(s) concepto(s) inventivo(s), alguna o todas las fases de conformación pueden ser separadas por una fase de conformación de "permanencia" estática, durante la cual la posición del troquel 32 no se desplace y la presión en la cámara 26 se mantenga en un valor constante. Las fases de conformación de "permanencia" estática sirven para evacuar aire de la cámara 26, impidiendo de esta manera que se produzca dentro de la cámara 26 el autoencendido del aire, esto es, la combustión en ausencia de una chispa e impidiendo daños al material de trabajo 10 o a la máquina 20. Los periodos de permanencia pueden también servir para consolidar conjuntamente de manera adicional las capas del material de trabajo 10 y evacuar el aire existente entre estas capas.

En la forma de realización mostrada en las FIGS. 1 a 5, el troquel 32 ofrece la posibilidad de llevar a cabo el punzonado de o bien "embutición profunda" (por ejemplo, hasta una profundidad de aproximadamente 24,5 centímetros) o de "embutición regular" (por ejemplo hasta una profundidad de aproximadamente 17,8 centímetros). En esta forma de realización, se utiliza la opción de embutición profunda, aunque se debe entender que podría ser utilizada como alternativa la opción de embutición regular. En formas de realización alternativas (no mostradas), la máquina de hidroformación en la fase de preformación podría estar dispuesta sin un troquel móvil y, en su lugar, podría comprender una matriz macho o hembra fija con la configuración (o con la configuración recíproca) del artículo preformado deseado. Este procedimiento de utilización de una matriz fija puede ser designado como hidroformación estática, por oposición al procedimiento de hidroformación dinámica según lo analizado con anterioridad con referencia a las formas de realización de las FIGS. 1 a 5. Ya sea en las formas de realización alternativas de hidroformación estáticas con matriz macho o hembra, la membrana de la cámara presurizada actuaría para presionar el material de trabajo contra la matriz y conformar el material de trabajo en la configuración de preforma deseada. En formas de realización alternativas, se puede emplear una combinación de las etapas de hidroformación estática y dinámica. Por ejemplo, un troquel podría ser inicialmente situado ligeramente dentro de una cámara de una prensa de hidroformación de forma que desempeñara el papel de una matriz fija, contribuyendo de esta manera a formar un artículo cuando la cámara de la máquina fuera presurizada (esto es, la etapa estática). Posteriormente, el troquel podría ser desplazado cuando se produzca una conformación adicional del artículo (y, de manera opcional, modificaciones en la presurización de la cámara) (esto es, la etapa dinámica). En otras formas de realización alternativas adicionales, una prensa de hidroformación sin membrana podría ser utilizada en lugar de una prensa de hidroformación con una membrana, formas de realización en las que el material hidráulico se situaría en contacto directo con el material de trabajo, a menos que el material de trabajo estuviera cerrado dentro de una barrera, según lo analizado con anterioridad.

La hidroformación es ventajosa respecto del moldeo de metal apareado (estampación) o estirado de materiales de trabajo porque la hidroformación proporciona una estabilidad dimensional superior, reduce las arrugas de los materiales de trabajo, y reduce los costes de utillaje y fabricación. La hidroformación de embutición profunda es especialmente eficiente para reducir las arrugas de los materiales de trabajo cuando son conformados. La hidroformación elimina también las fuerzas de cizalla experimentadas durante el procedimiento de estampación cuando las partes metálicas son desplazadas lejos una de otra. La hidroformación consigue estos resultados deseables aplicando una presión isostática normal sobre todos los puntos a lo largo de la superficie del material de trabajo interiores a la cámara de la máquina de hidroformación.

La FIG. 5 muestra una vista en sección de la máquina 20 después de que se haya llevado a cabo la etapa de conformación de la fase de preformación. Durante esta etapa, la cámara 26 ha sido despresurizada por medio de la retirada de la misma del fluido hidráulico a través del conducto 30 de fluido. Como resultado de ello, la membrana 23 se ha desplazado hacia arriba y ya no está en contacto con la superficie exterior del artículo 16 preformado. En esta forma de realización, la fase de preformación es a continuación concluida haciendo retraer el troquel 32 a su posición original (como se muestra en las FIGS. 1 y 2), y retirando el artículo 16 preformado de la máquina 20.

En la segunda fase del procedimiento de acuerdo con el (los) presente(s) concepto(s) inventivo(s), el artículo 16 preformado es desplazado hasta la máquina de acabado donde es consolidada de manera suplementaria y configurada en el artículo final y los componentes resinosos del material de trabajo son finalmente conformados o curados mediante la aplicación de presión y aporte de calor. La fase de formación final del procedimiento se puede llevar a cabo utilizando una diversidad de máquinas acabadoras, por ejemplo un autoclave, un hidroclave, una prensa de hidroformación o un herramental de metales apareados.

Si el artículo 16 preformado comprende múltiples capas de preimpregnado UD, por ejemplo, es conveniente consolidar aún más estas capas para eliminar cualquier vacío de aire remanente y ligar o curar las matrices de las capas de preimpregnado UD para formar el artículo acabado. Por tanto, son aplicados presión y calor al artículo 16 perforado en la fase de formación final con el fin de consolidar y preformar el artículo 16 preformado hasta que adopte su configuración final y, si es necesario, curar el material de matriz.

En la forma de realización mostrada en las FIGS. 6 a 8, se utiliza una prensa de hidroformación estática como máquina 40 acabadora. Como se muestra en la FIG. 6 el artículo 16 preformado es situado en una cámara 46 de la máquina 40 acabadora alrededor de una matriz 50 macho. La matriz 50 macho se incorpora en la configuración deseada del artículo completamente formado, el cual, en esta forma de realización, es un casco. Según lo descrito más adelante, cuando la cámara 46 es presurizada, una membrana 43 situada en la cámara 46 se sitúa en contacto con y aplica presión al artículo 16 preformado. Como resultado de ello, el artículo preformado es presionado contra una superficie 52 exterior de la matriz 50 macho, conformando de esta manera el artículo 16 preformado en un artículo 18 acabado. En formas de realización alternativas, la matriz 50 macho podría ser sustituida por una matriz hembra o recortada en la configuración aproximada del artículo deseado. En esas formas de realización la membrana 43 actuaría como componente macho que presionara el artículo 16 preformado para que adoptara la configuración deseada contra la matriz o vaciado hembra. Este procedimiento ser designado como moldeo con bolsa o moldeo bajo presión con bolsa.

La FIG. 6 muestra una vista en sección de un artículo 16 preformado situado en la máquina 40 de acabado antes de la etapa de conformación final de la fase de preformación. En esta etapa, la cámara 46 de la máquina 40 está en estado no presurizado, esto es, a aproximadamente la presión atmosférica normal. En esta etapa, la membrana 43 no está en contacto con el artículo 16 preformado. Una prensa de hidroformación apropiada, conocida, podría ser empleada para la fase de formación final. También es posible que la misma prensa de hidroformación pudiera ser utilizada tanto en la fase de preformación como en la fase de formación final, dentro del alcance del (de los) concepto(s) inventivo(s) divulgado(s) en la presente memoria.

La FIG. 7 muestra una vista en sección de la máquina 40 después de que la cámara 46 ha sido presurizada mediante la adición de un fluido hidráulico a la cámara 46 a través del conducto 48 de fluido. La cámara 46 puede, por ejemplo, ser parcialmente presurizada a una presión de entre $1,72 \cdot 10^7$ a $3,45 \cdot 10^7$ Pascales aunque podrían aplicarse cantidades de presión más altas o inferiores, dependiendo de, por ejemplo, las características del material utilizado, un procedimiento de presurización "escalonado", en el que la presión en la cámara 46 se incrementa gradualmente (o bien con o bien sin etapas de "permanencia" intermitentes) también puede emplearse en la fase de formación final. Con referencia de nuevo a la forma de realización de la FIG. 7, en este momento, el fluido de la cámara 46 y / o de la matriz 50 es también calentado, en la medida necesaria para conseguir una temperatura crítica para la conformación o curado final del material de matriz de las capas preimpregnadas UD. Cuando el material de la matriz es, por ejemplo, termoplástico, la temperatura crítica puede ser la temperatura de fusión del material termoplástico concreto. En estas (por ejemplo termoplásticas) formas de realización, el fluido dentro de la cámara 46 y / o la matriz 50 puede ser calentado a o por encima de la temperatura de fusión del termoplástico concreto para que pase a un estado líquido en el que el material de la matriz fluya y llene los vacíos existentes entre las fibras de refuerzo de las capas de preimpregnado. Cuando se utiliza un material termoplástico, puede o puede no ser necesaria una etapa de curado adicional del material plástico. En formas de realización alternativas, por ejemplo cuando el material de la matriz es un material termoestable, la temperatura crítica puede ser la temperatura de curado para la resina termoestable seleccionada. En estas formas de realización, el fluido dentro de la cámara 46 y / o la matriz 50 puede ser calentado a una temperatura suficiente para curar el material de la matriz hasta conseguir la configuración sólida deseada. Se debe entender sin dificultad por los expertos en la materia que la temperatura de calentamiento apropiada (esto es, crítica) y el tiempo de exposición al calor dependen de los materiales utilizados en las capas preimpregnadas.

Con referencia de nuevo a la FIG. 7, como resultado de la presurización de la cámara 46 de la máquina 40, la superficie 44 exterior de la membrana 43 suministra presión a la superficie 47 exterior del artículo 16 preformado. Cuando la membrana 43 suministra presión a la superficie 47 exterior del artículo 16 preformado, la superficie interna 45 del artículo 16 preformado presiona contra la matriz 50 macho. La matriz 50 macho determina así la configuración adoptada por el artículo 16 preformado cuando la membrana 43 es presionada contra la superficie 47 exterior del artículo 16 preformado.

La FIG. 8 muestra una vista en sección de la máquina 40 después de que se ha llevado a cabo la etapa de conformación de la fase de formación final. Durante esta etapa, la cámara 46 ha sido despresurizada por medio de la retirada de dicha cámara del fluido hidráulico a través del conducto 48 de fluido. Como resultado de ello, la membrana 43 se ha desplazado hacia arriba y ya no está en contacto con la superficie 47 exterior del artículo 16 preformado, el cual ahora ha sido totalmente conformado en el artículo 18 acabado. En esta forma de realización, la fase de formación final es con ello concluida. El artículo 18 acabado puede entonces ser retirado de la máquina 40.

Aunque se han descrito en las líneas anteriores, en conexión con formas de realización preferentes, los principios del (de los) concepto(s) inventivo(s) dado(s) a conocer en la presente memoria, se debe entender con claridad que esta descripción se ha realizado solo a modo de ejemplo y no como limitación del alcance del (de los) concepto(s) inventivo(s).

REIVINDICACIONES

- 1.- Un procedimiento de conformación de un material de trabajo (10) plano convirtiéndolo en un producto composite que presenta una forma final, comprendiendo el procedimiento:
- 5 (a) la consolidación y la conformación del material de trabajo (10) consiguiendo una forma (16) de preforma utilizando un procedimiento de hidroformación dinámica que emplea una herramienta (32) rígida y una herramienta (23) no rígida; y
- (b) en presencia de calor añadido, la consolidación y conformación suplementarias del material de trabajo (10) hasta conseguir la forma final utilizando al menos una herramienta (50) de formación rígida adicional,
- caracterizado porque**
- 10 la etapa (a) se lleva a cabo sin adición de calor.
- 2.- El procedimiento de la reivindicación 1, en el que:
- dicha herramienta (32) rígida es una herramienta rígida con forma de macho y dicha herramienta (23) no rígida es una herramienta no rígida con forma de hembra.
- 3.- EL procedimiento de la reivindicación 2, en el que la etapa (a) comprende una serie de fases de conformación dinámicas, incluyendo cada fase de conformación dinámica la profundización de la posición de la herramienta (32) rígida con forma de macho con respecto a una primera superficie (14) del material de trabajo (10) y la aplicación de presión a una segunda superficie (12) del material de trabajo.
- 15 4.- El procedimiento de la reivindicación 3, en el que cada fase de conformación dinámica incluye la aplicación de una presión incrementada a la segunda superficie (12) del material de trabajo.
- 20 5.- El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, en el que la herramienta (23) no rígida con forma de hembra proporciona toda la fuerza de apriete aplicada al material de trabajo (10) durante la etapa (a).
- 6.- El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la etapa (a) no emplea un dispositivo de apriete mecánico.
- 7.- El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 2 a 6, en el que un anillo (11) de tracción es situado entre la herramienta (32) rígida con forma de macho y el material de trabajo (10) antes de la etapa (a).
- 25 8.- El procedimiento de cualquier reivindicación 1 a 7, en el que la etapa (a) tiene lugar en una primera máquina (20) de formación y la etapa (b) se produce en una segunda máquina (40) de formación.
- 9.- El procedimiento de la reivindicación 8, en el que la segunda máquina (40) de formación es una prensa de hidroformación.
- 30 10.- El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que la al menos una herramienta (50) de formación rígida adicional es con forma de macho.
- 11.- El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que la al menos una herramienta (50) de formación rígida adicional es con forma de hembra.
- 35 12.- El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en el que la al menos una herramienta (50) de formación rígida adicional no se desplaza durante la etapa (b).
- 13.- El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que la al menos una herramienta (50) de formación rígida adicional comprende un par de moldes metálicos apareados.
- 14.- El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, en el que el material de trabajo (10) comprende un material fibroso y un material no fibroso.
- 40 15.- El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, en el que el material de trabajo (10) comprende al menos una hoja preimpregnada, y al menos una hoja preimpregnada que comprende una pluralidad de fibras composite.
- 16.- El procedimiento de la reivindicación 15, en el que la pluralidad de fibras composite está comprendida polietileno de peso molecular ultraalto.
- 45 17.- El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16, en el que el material de trabajo (10) comprende además al menos una capa de material composite a base de aramida y al menos una capa de material composite a base de carbono.

- 5 18.- El procedimiento de la reivindicación 17, en el que la al menos una capa de material composite a base de aramida comprende unas primera y segunda capas composite a base de aramida y la al menos una capa de material composite a base de carbono comprende unas primera y segunda capas composite a base de carbono, y el material de trabajo (10) está dispuesto en una configuración apilada que presenta el siguiente orden desde una capa superior de la configuración apilada hasta una capa inferior de la configuración apilada: la primera capa composite a base de carbono; la primera capa composite a base de aramida; la al menos una hoja preimpregnada; la segunda capa composite a base de aramida; y la segunda capa composite a base de carbono.
- 10 19.- El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 18, en el material de trabajo (10) comprende una primera capa preimpregnada unidireccional que presenta una primera orientación de fibras y una segunda capa preimpregnada unidireccional que presenta una segunda orientación de fibras, en el que las primera y segunda orientaciones de fibras son ortogonales entre sí.
- 20.- El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 11 a 19, en el que una presión máxima aplicada durante la etapa (a) es al menos el doble de una presión máxima aplicada durante la etapa (b).
- 15 21.- El procedimiento de la reivindicación 2, en el que:
el material de trabajo (10) incluye un material de matriz resinoso;
dicho procedimiento de hidroformación comprende un procedimiento de hidroformación de embutición profunda;
la consolidación y la conformación de la etapa (a) se producen por debajo de una temperatura crítica del material de matriz resinoso; y
- 20 la consolidación y la conformación suplementarias de la etapa (b) se producen a, o por encima de, la temperatura crítica.

25

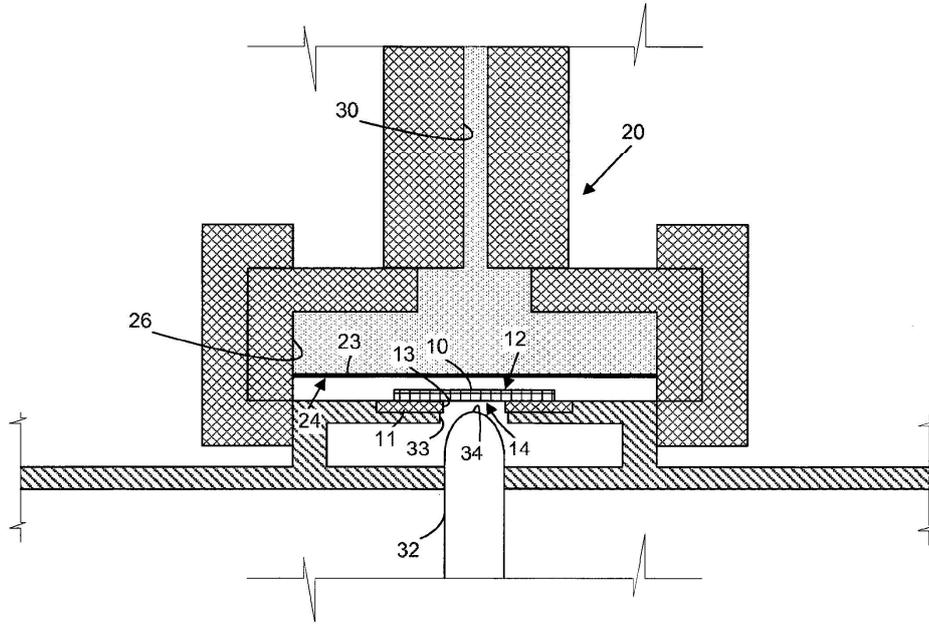


FIG. 1

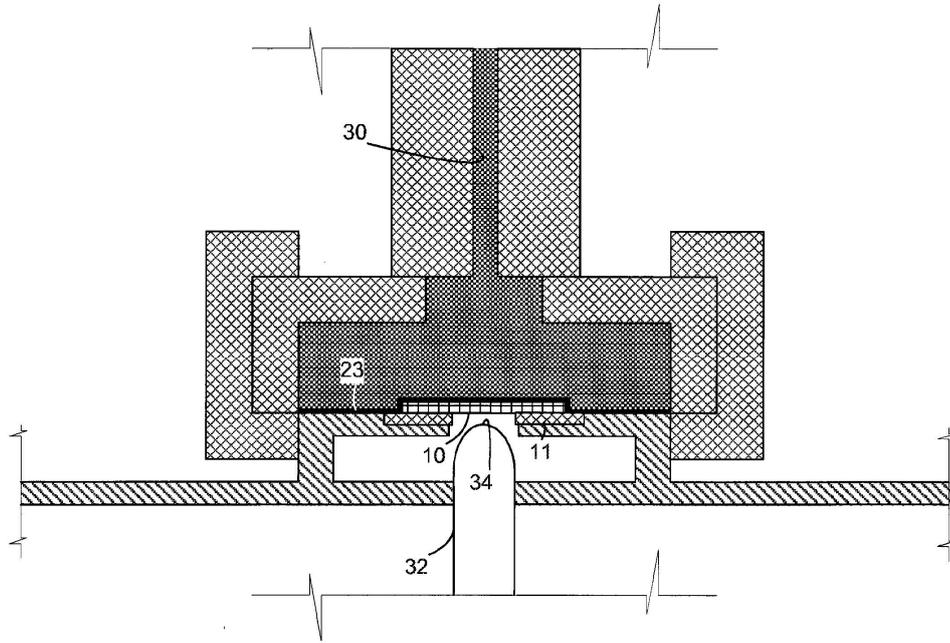


FIG. 2

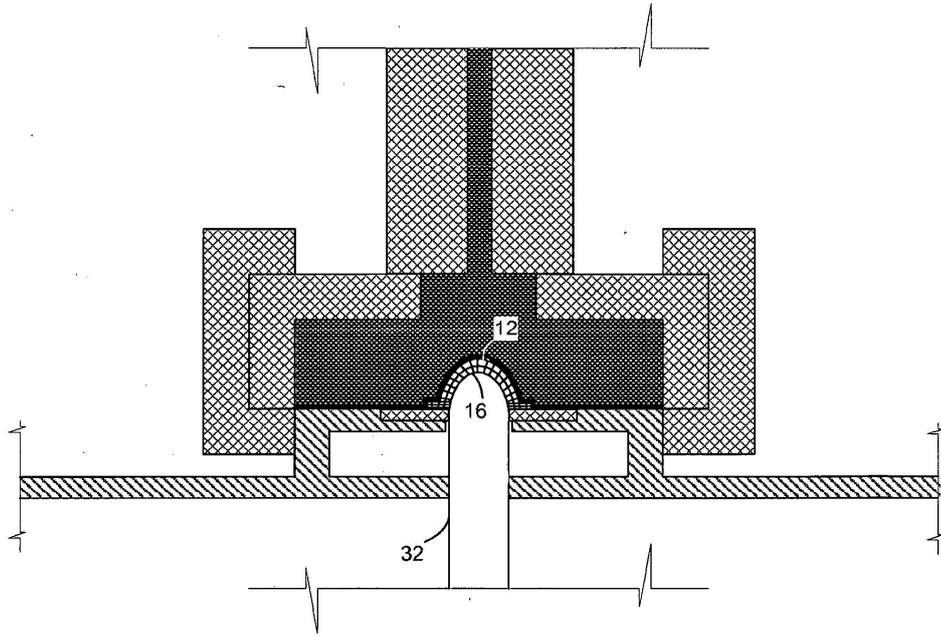


FIG. 3

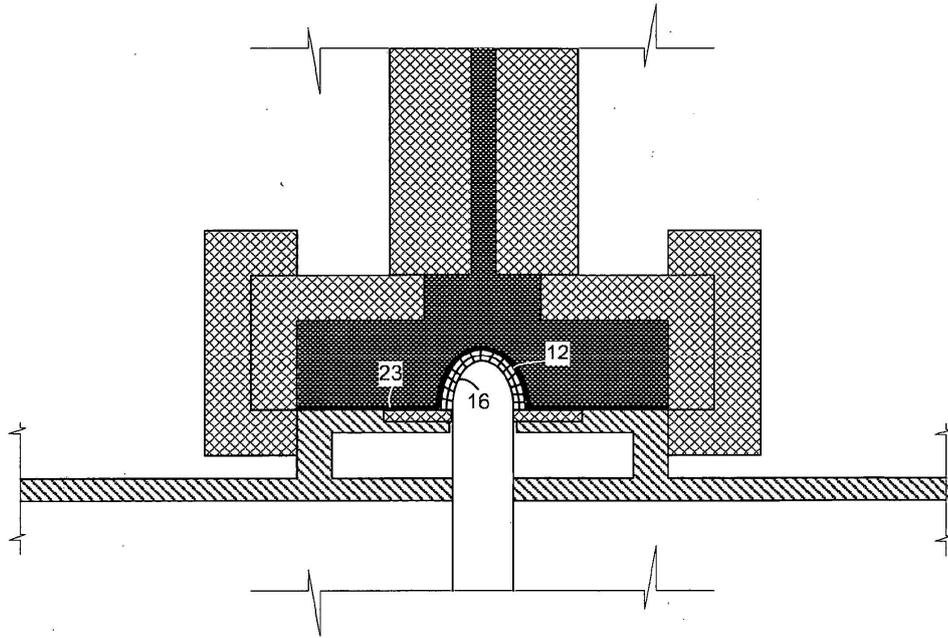


FIG. 4

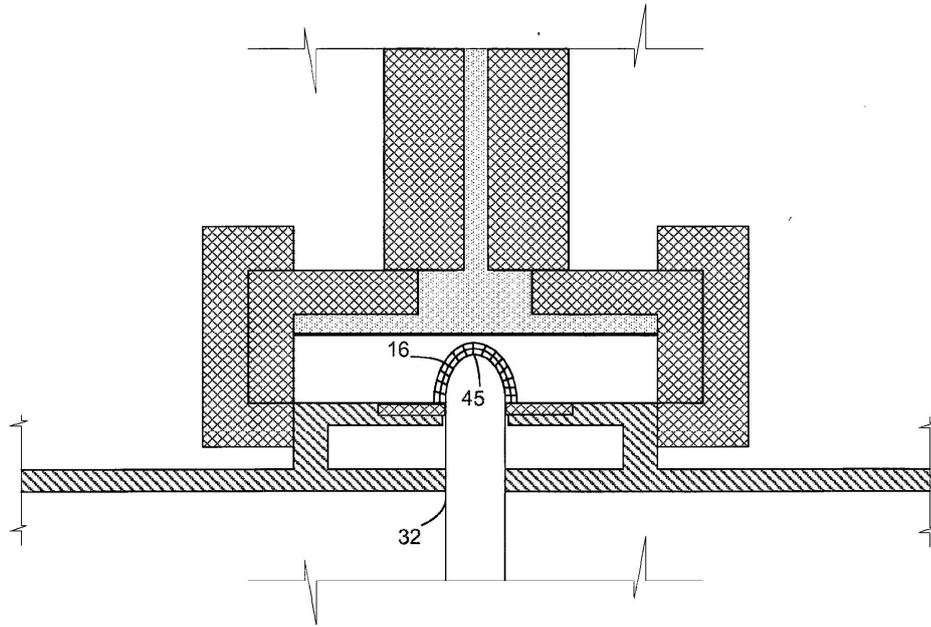


FIG. 5

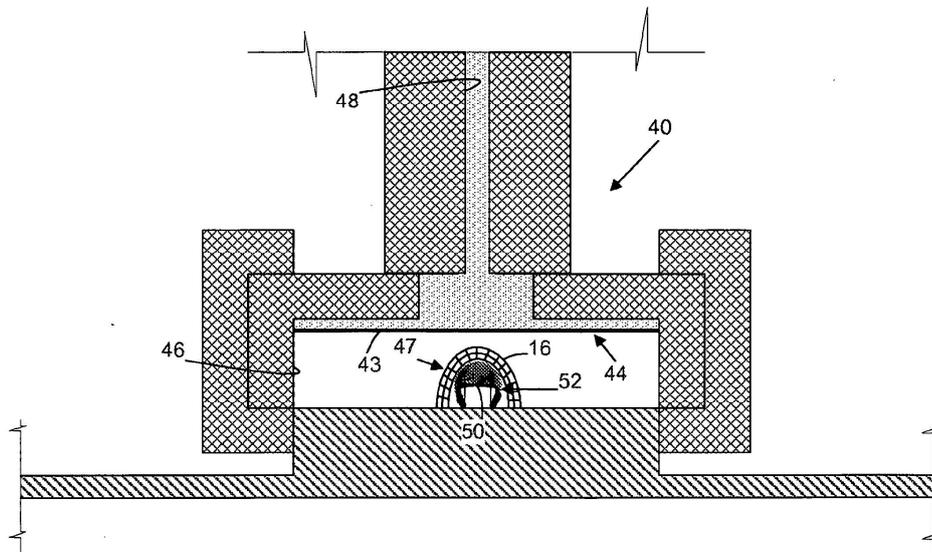


FIG. 6

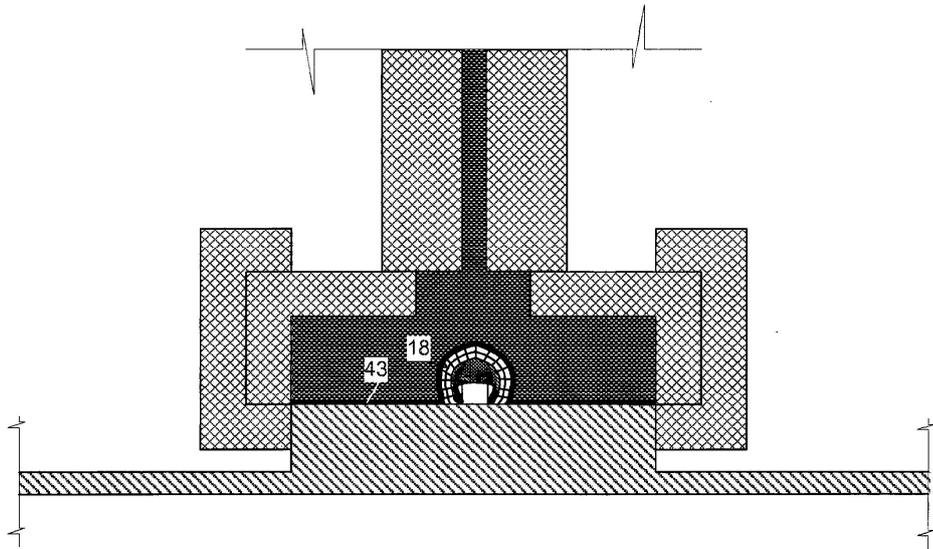


FIG. 7

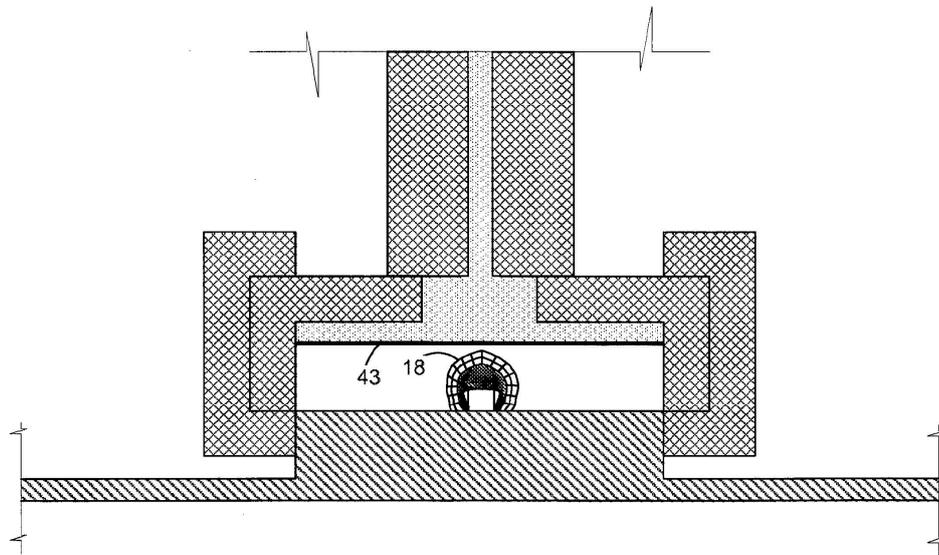


FIG. 8